

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

***This Page Blank (uspto)***



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05180040 A**(43) Date of publication of application: **20.07.93**

(51) Int. Cl. **F02D 41/14**  
**F02D 45/00**

(21) Application number: **03359338**(22) Date of filing: **27.12.91**(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: **HASEGAWA YUSUKE**  
**KIMURA EISUKE**  
**AKASAKI NAOSUKE**  
**KOMORIYA ISAO**

(54) **METHOD FOR DETECTING AND CONTROLLING  
 AIR-FUEL RATIO OF INTERNAL COMBUSTION  
 ENGINE**

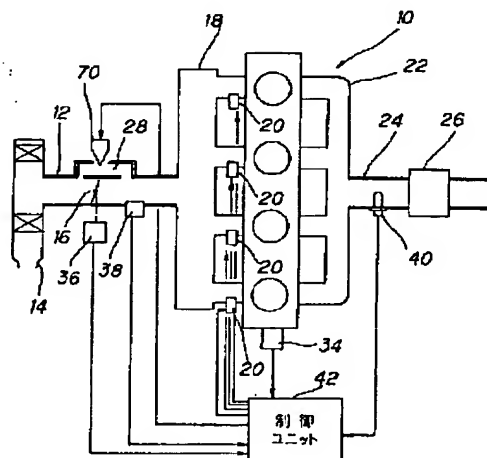
## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To perform accurate air-fuel ratio control by estimating air-fuel ratio of each cylinder from an observer, observing movement of the air-fuel ratio of each cylinder while constructing a model of an exhaust system, in a multicylinder engine where an air-fuel ratio sensor is provided in an exhaust system collective part of the engine.

**CONSTITUTION:** In a 4-cylinder internal combustion engine, exhaust gas discharged from each cylinder is collected in an exhaust pipe 24 via an exhaust manifold 22 and purified by a three-way catalytic converter 26, to perform air-fuel ratio feedback control based on an output of an air-fuel ratio sensor 40 provided in the upstream of the converter 26. In the case of this control, an output value of the air-fuel ratio sensor 40 is considered to be formed of a weighted mean value, multiplying a combustion record of each cylinder by predetermined weight, to construct a model of describing action of an exhaust system. A condition equation and an output equation with air-fuel ratio of each cylinder serving as an internal condition variable are obtained,

and the air-fuel ratio of each cylinder is estimated, from an output of an observer for observing an internal condition, to control driving of each injector 20.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&amp;Japio



***This Page Blank (uspto)***

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-180040

(43)公開日 平成5年(1993)7月20日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 2 D 41/14	3 1 0 A	9039-3G		
45/00	3 2 2 A	7536-3G		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 20 頁)

(21)出願番号 特願平3-359338

(22)出願日 平成3年(1991)12月27日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 長谷川 祐介

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 木村 英輔

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 赤崎 修介

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(74)代理人 弁理士 吉田 豊 (外1名)

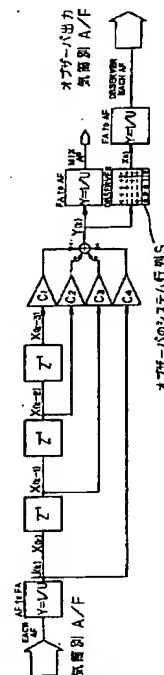
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の空燃比検出及び制御方法

(57)【要約】

【構成】多気筒内燃機関の排気系の集合部に設けた単一の空燃比センサの検出値について、排気系のモデルを構築して内部の各気筒の空燃比をオブザーバによって観察し、その出力に基づいてセンサ検出値から各気筒の空燃比を分離抽出する。

【効果】気筒ごとに空燃比センサを設けることなく、1個のセンサ出力から各気筒の空燃比を精度良く推定することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多気筒内燃機関の排気系集合部に配置される単一の空燃比センサの出力から入力された混合気空燃比を検出するものにおいて、

a. 前記センサの出力値を各気筒の燃焼履歴に所定の重みを乗じた加重平均値からなるものとみなして排気系の挙動を記述するモデルを構築し、各気筒の空燃比を内部状態変数とする状態方程式と出力方程式とを求め、

b. 前記内部状態を観測するオブザーバを構築してその出力を求め、

c. 前記オブザーバ出力から各気筒の空燃比を推定する、

ことからなる内燃機関の空燃比検出方法。

【請求項2】 前記所定の重みを機関の運転状態に応じて変えることを特徴とする請求項1項記載の内燃機関の空燃比検出方法。

【請求項3】 多気筒内燃機関の排気系集合部に配置される単一の空燃比センサの出力から入力された混合気空燃比を検出して空燃比を目標値に制御するものにおいて、

a. 前記センサの出力値を各気筒の燃焼履歴に所定の重みを乗じた加重平均値からなるものとみなして排気系の挙動を記述するモデルを構築し、各気筒の空燃比を内部状態変数とする状態方程式と出力方程式とを求め、

b. 前記内部状態を観測するオブザーバを構築してその出力を求め、

c. 前記オブザーバ出力から各気筒の空燃比を推定し、

d. 前記推定値に基づいて各気筒の空燃比を目標値にフィードバック制御する、

ことからなる内燃機関の空燃比制御方法。

【請求項4】 前記所定の重みを機関の運転状態に応じて変えることを特徴とする請求項3項記載の内燃機関の空燃比制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は内燃機関の空燃比検出及び制御方法に関し、より具体的には多気筒内燃機関の排気系集合部に設けた1個の空燃比センサ出力から各気筒の空燃比を抽出して目標値に制御する様にした内燃機関の空燃比検出及び制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】内燃機関の排気系に酸素濃度検出素子からなる空燃比センサを設けて入力した燃料の空燃比を検出し、検出値に応じて燃料供給量を目標値にフィードバック制御することは良く行われており、その一例として特開昭59-101562号公報記載の技術を挙げることができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで4気筒、6気筒などの多気筒内燃機関の排気系集合部に1個の空燃比

センサのみを配置して空燃比を検出する場合、センサ検出値は全ての気筒の空燃比を混合した出力を示すこととなり、気筒ごとの空燃比を正確に検出することができず、それぞれの空燃比を目標値に精度良く制御することができない。このため、ある気筒はリーンであったり別の気筒はリッチであったりしてエミッション悪化の原因となる。それを解消するためには気筒ごとに空燃比センサを設ければ良いが、それではコスト高を招くと共に、センサの耐久性の問題もある。その意図から、この従来技術においては検出精度を上げるため、基準タイミング（第1気筒TDC）から各気筒の排気ガスが空燃比センサに到達するまでの遅れ時間を運転状態に応じて予め求めておき、それに基づいて気筒別に空燃比を検出して目標値にフィードバック制御している。しかし、すでに述べたとおり集合部の空燃比は各気筒の空燃比の混在したものであるから、この従来技術は精度的には必ずしも十分満足できるものではなかった。

【0004】従って、本発明の目的は上記した欠点を解消し、多気筒内燃機関の排気系集合部に配置した単一の空燃比センサの出力から各気筒の空燃比を正確に分離抽出することができる様にした内燃機関の空燃比検出方法を提供することにある。

【0005】更には、分離抽出した気筒ごとの空燃比に基づいて各気筒の空燃比を目標値にフィードバック制御する様にした内燃機関の空燃比制御方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を解決するために本発明に係る内燃機関の空燃比検出方法は例えば請求項1項に示す様に、多気筒内燃機関の排気系集合部に配置される単一の空燃比センサの出力から入力された混合気空燃比を検出するものにおいて、前記センサの出力値を各気筒の燃焼履歴に所定の重みを乗じた加重平均値からなるものとみなして排気系の挙動を記述するモデルを構築し、各気筒の空燃比を内部状態変数とする状態方程式と出力方程式とを求め、前記内部状態を観察するオブザーバを構築してその出力を求め、前記オブザーバ出力から各気筒の空燃比を推定する、如く構成した。

## 【0007】

【作用】排気系のモデルを構築すると共に、各気筒の空燃比の挙動を観察するオブザーバから各気筒の空燃比を的確に推定できる様にしたので、それに基づいて例えば各気筒を目標値にフィードバック制御するときなども精度良く行うことができる。

## 【0008】

【実施例】以下、添付図面に即して本発明の実施例を説明する。

【0009】図1は本発明にかかる方法を実現するための内燃機関の空燃比検出・制御装置を全体的に示す概略図である。図において、符号10は4気筒の内燃機関を

示しており、吸気路12の先端に配置されたエアリーナ14から導入された吸気は、スロットル弁16でその流量を調節されつつインテークマニホルド18を経て第1～第4気筒に流入される。各気筒の吸気弁（図示せず）の付近にはインジェクタ20が設けられて燃料を噴射する。噴射され吸気と一体となった混合気は各気筒内で図示しない点火プラグで点火されて燃焼してピストン（図示せず）を駆動する。燃焼後の排気ガスは排気弁（図示せず）を介してエキゾーストマニホルド22に排出され、エキゾーストパイプ24を経て三元触媒コンバータ26で浄化されつつ機関外に排出される。また吸気路12にはスロットル弁16を配置した位置付近にそれをバイパスするバイパス路28が設けられる。

【0010】また内燃機関10のディストリビュータ（図示せず）内にはピストン（図示せず）のクランク角度位置を検出するクランク角センサ34が設けられると共に、スロットル弁16の開度を検出するスロットル開度センサ36、スロットル弁16下流の吸気圧力を絶対圧力で検出する絶対圧センサ38も設けられる。更に、排気系においてエキゾーストマニホルド22の下流側で三元触媒コンバータ26の上流側には酸素濃度検出素子からなる空燃比センサ40が設けられ、排気ガスの空燃比を検出する。これらセンサ34などの出力は、制御ユニット42に送られる。

【0011】図2は制御ユニット42の詳細を示すブロック図である。空燃比センサ40の出力は検出回路46に入力され、そこで適宜な線型化処理が行われてリーンからリッチにわたる広い範囲において排気ガス中の酸素濃度に比例したリニアな特性からなる空燃比（A/F）が検出される。尚、その詳細は先に本出願人が提案した出願（特願平3-169456号）に述べてあるので、これ以上の説明は省略する。また以下の説明においてこのセンサを「LAFセンサ」（リニア・エアバイエフ・センサ）と称する。検出回路46の出力はA/D変換回路48を介してCPU50、ROM52、RAM54からなるマイクロ・コンピュータ内に取り込まれ、RAM54に格納される。同様にスロットル開度センサ36な

どのアナログ出力はレベル変換回路56、マルチプレクサ58及び第2のA/D変換回路60を介して、またクランク角センサ34のデジタル出力は波形整形回路62で波形整形された後、カウンタ64で出力値がカウントされ、カウント値はマイクロ・コンピュータ内に入力される。マイクロ・コンピュータにおいてCPU50はROM52に格納された命令に従って検出値から空燃比のフィードバック制御値を演算し、駆動回路66を介して各気筒のインジェクタ20を駆動すると共に、第2の駆動回路68を介して電磁弁70を駆動し、図1に示したバイパス路28を通る2次空気量を制御する。

【0012】続いて、この制御装置の動作を説明する。その動作は結局のところ空燃比を検出して目標値との偏差を求め、その偏差を解消する様に燃料供給量（噴射量）を制御することにつぎるが、この発明の要旨は、空燃比センサの出力から各気筒の空燃比を精度良く推定し、併せて推定した検出値に基づいて空燃比を目標値にフィードバック制御することにあることにあるので、以下その点に焦点をおいて説明する。

【0013】多気筒内燃機関の排気系集合部に1個の空燃比センサのみを配置し、その出力から各気筒の空燃比を精度良く分離抽出するためには、先ず、空燃比センサの検出応答遅れを正確に解明する必要がある。図3に単気筒の内燃機関を例にとり、吸気量を一定として供給燃料量をステップ状に変化させた場合の空燃比センサの応答の実測データを示す（図中「実測値」）。図示の如く、空燃比をステップ状に変化させた場合、LAFセンサ出力の実測値は入力値に対して遅れを持つが、この遅れはセンサの化学反応に起因するので、正確に解析することは困難である。そこで本発明者達はとりあえずこの遅れを1次遅れ系と擬似的にモデル化し、図4に示す如きモデルを作成した。ここでLAF：LAFセンサ出力、A/F：入力A/F、とすると、その状態方程式は下記の数1で示すことができる。

【0014】

【数1】

$$LAF(t) = \alpha LAF(t) - \alpha A/F(t)$$

【0015】これを周期 $\Delta T$ で離散化すると、数2で示す様になる。図5は数2をブロック線図で表したものである。

【0016】

【数2】

$$LAF(k+1) = \hat{\alpha} LAF(k) + (1 - \hat{\alpha}) A/F(k)$$

$$\therefore \hat{\alpha} = 1 + \alpha \Delta T + (1/2!) \alpha^2 \Delta T^2 + (1/3!) \alpha^3 \Delta T^3 + (1/4!) \alpha^4 \Delta T^4$$

【0017】従って、数2を用いることによってセンサ出力より真の空燃比を求めることができる。即ち、数2

を変形すれば数3に示す様になるので、時刻kのときの値から時刻k-1のときの値を数4の様に逆算すること

ができる。

【0018】

$$A/F(k) = \{LAF(k+1) - \hat{\alpha} LAF(k)\} / (1 - \hat{\alpha})$$

【0019】

【数4】

$$A/F(k-1) = \{LAF(k) - \hat{\alpha} LAF(k-1)\} / (1 - \hat{\alpha})$$

【0020】具体的には数2をZ変換を用いて伝達関数で示せば数5の如くなるので、その逆伝達関数を今回のセンサ出力LAFに乘じることによって前回の入力空燃比をリアルタイムに推定することができる。図6にそのリアルタイムのA/F推定器のブロック線図を示す。尚、前述したとおりLAFセンサの応答遅れは化学反応に起因するもので正確に解析することは困難であるが、機関回転数との間に相関関係のあることが確認できた。したがって伝達関数の係数は、適宜設定する所定の機関回転数ごとに相違させることとした。よって、所定機関回転数ごとにA/F推定器、すなわち逆伝達関数の係数を持ち換えることにより、推定するA/F値の精度をより向上させることができる。

【0021】

【数5】

$$t(z) = (1 - \hat{\alpha}) / (z - \hat{\alpha})$$

【0022】上記についてのシミュレーション結果を図3（図中「シミュレーション」）、図7に示す。前述したとおり、図3に「実測値」とあるのはステップ状の空燃比入力を与えた場合のセンサ出力の実測値であるが、ここで実測値とシミュレーション結果（図5モデルにステップ状空燃比を入力して得た出力）とがほぼ対応しているのが見てとれよう。以上からセンサ応答遅れを1次遅れと擬似的にモデル化したことの正しさが検証されたと言うことができよう。図7はセンサ出力の実測値に逆伝達関数を乗じ、真の空燃比を推定する場合を示す。同図において、例えば時刻Taの時の真の空燃比は12.5ではなく、13.2であると推定することができるのである。尚、真の空燃比の推定値に若干の上下動があらわれているのは、センサ出力の実測値に細かなばらつきがあるためである。

【0023】続いて、上記の如く求めた真の空燃比に基づいて各気筒の空燃比を分離抽出する場合について説明する。

【0024】先に述べた如く、多気筒内燃機関に1個の空燃比センサを配置した場合、その出力は、排気系の集合部において各気筒の検出値が混ざり合った値を示し、気筒ごとの真の検出値を求めることが困難である。そのため、各気筒のA/Fを個別に目標値に制御することができず、ある気筒はリーンであったり、他の気筒はリッチであったりする場合があって、エミッション悪化の原因となる。それを解決するためには気筒ごとにセンサを配置すれば良いが、それではコストの上昇を招くと共に、耐久性の問題もある。そこで本発明者達はセンサ応答遅れを1次遅れでモデル化できたことによって、以下の手法から排気系の集合部に配置した1個の空燃比センサで多気筒、実施例の場合は4気筒の内燃機関の空燃比を気筒ごとに正確に検出できる様にした。以下、それについて説明する。

【0025】先ず、図8に示す様に内燃機関の排気系をモデル化した（以下、このモデルを「エキマニモデル」と称する）。尚、このエキマニモデルでは、離散系のサンプル時間をTDC周期（機関回転数が1500rpmのとき0.02sec）とした。またこのエキマニモデルの中ではF（燃料）を制御量としたため、空燃比をF/Aとした。

【0026】ここで発明者達は、排気系の集合部の空燃比（A/F）は、各気筒の空燃比の時間的な寄与度を考慮した加重平均値であると考えた。そうであれば、時刻kのときの集合部の空燃比は、数6の様に表すことができる。

【0027】

【数6】

$$\begin{aligned} [F/A](k) &= C_1 [F/A\#_1] + C_2 [F/A\#_3] \\ &\quad + C_3 [F/A\#_4] + C_4 [F/A\#_2] \\ [F/A](k+1) &= C_1 [F/A\#_3] + C_2 [F/A\#_4] \\ &\quad + C_3 [F/A\#_2] + C_4 [F/A\#_1] \\ [F/A](k+2) &= C_1 [F/A\#_4] + C_2 [F/A\#_2] \\ &\quad + C_3 [F/A\#_1] + C_4 [F/A\#_3] \\ &\vdots \end{aligned}$$



【0028】即ち、集合部の空燃比は、気筒ごとの過去の燃焼履歴に重みC（例えば直前に燃焼した気筒は40%、その前が30%...など）を乗じたものの合算で表すことができる。ここで、集合部における各気筒の排気の混合状態は機関の運転状態により異なってくる。即ち、例えば機関の低回転域ではTDC周期が長いので、各気筒からの排気が混合する度合いは高回転域と比較して低い。また、高負荷のときは基本的に背圧も大きく、排気の排出圧力が大きくなるので、各気筒からの排気が混合する度合いは低負荷のときと比較して低い。この様に各気筒の排気の混合する度合いが低い場合には、直前に燃焼した気筒の重みを大きくとる必要がある。従っ

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

【0031】また集合部の空燃比を $y(k)$ とおくと、出力方程式は数8の様に表示することができる。

【0032】

【数8】

$$y(k) = [C_1 \ C_2 \ C_3] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \end{bmatrix} + C_4 u(k)$$

∴  $C_1 : 0.25379, C_2 : 0.46111, C_3 : 0.10121,$

$C_4 : 0.18389$ とする。

【0033】上記において、 $u(k)$ は観測不可能のため、この状態方程式からオブザーバを設計しても $x(k)$ は観測することができない。そこで4TDC前（即ち、同一気筒）の空燃比 $F/A$ は急激に変化しない

て、重みCは機関の運転状態によって持ち換えることとする。具体的には重みCを機関回転数と負荷とをパラメータとして適宜設定してマップに用意しておき、それを検索することにより行う。尚、上記で $\#n$ は気筒番号を示し、また気筒の燃焼（点火）順序は、1, 3, 4, 2とする。またここで空燃比 $[F/A]$ は先に数5で求めた応答遅れを補正した真の値を意味する。

【0029】上記を前提とすると、エキマニモデルの状態方程式は数7のようになる。

【0030】

【数7】

定常運転状態にあると仮定して $x(k+1) = x(k-3)$ とすると、数9のようになる。

【0034】

【数9】

$$\begin{bmatrix} x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \\ x(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

$$y(k) = [C_1 \ C_2 \ C_3 \ C_4] \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

【0035】ここで、上記の如く求めたエキマニモデルについてシミュレーション結果を示す。図9は4気筒内燃機関について3気筒の空燃比を14.7にし、1気筒だけ12.0にして燃料を供給した場合を示す。図10はそのときの集合部（即ち、図1のエキゾーストマニホルドパイプ24に空燃比センサ40を配置した位置）の空燃比（A/F）を上記エキマニモデルで求めたものを示す。図10においてはステップ状の出力が得られているが、ここで更にLAFセンサの応答遅れを考慮すると、センサ出力は図11に「シミュレーション」と示す様になまされた波形となる。図中「実測値」は同じ場合

のLAFセンサ出力の実測値であるが、これと比較し、上記エキマニモデルが多気筒内燃機関の排気系を良くモデル化していることが検証できたといえよう。

【0036】よって、数10で示される状態方程式と出力方程式にて $x(k)$ を観察する定常のカルマンフィルタの問題に帰着する。その荷重行列 $Q$ 、 $R$ を数11の様においてリカッチの方程式を解くと、ゲイン行列 $K$ は数12のようになる。

【0037】

【数10】

$$\begin{cases} X(k+1) = A X(k) + B u(k) \\ y(k) = C X(k) + D u(k) \end{cases}$$

$$\therefore A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = [C_1 \ C_2 \ C_3 \ C_4] \quad B = D = [0]$$

$$X(k) = \begin{bmatrix} x(k-3) \\ x(k-2) \\ x(k-1) \\ x(k) \end{bmatrix}$$

【0038】

【数11】

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R = [1]$$

【0039】

【数12】

$$K = \begin{bmatrix} -0.3093 \\ 1.1918 \\ 0.3093 \\ 0.0803 \end{bmatrix}$$

【0040】これよりA-KCを求めると、数13の様になる。

【0041】

【数13】

$$A-KC = \begin{bmatrix} 0.0785 & 1.0313 & 0.1426 & 0.0569 \\ -0.3025 & -0.1206 & 0.4505 & -0.2192 \\ -0.0785 & -0.0313 & -0.1426 & 0.9431 \\ 0.9796 & -0.0081 & -0.0370 & -0.0148 \end{bmatrix}$$

【0042】一般的なオブザーバの構成は図12に示される様になるが、今回のモデルでは入力 $u(k)$ がないので、図13に示す様に $y(k)$ のみを入力とする構成

となり、これを数式で表すと数14の様になる。

【0043】

【数14】

$$\begin{cases} \hat{X}(k+1) = [A-KC] \hat{X}(k) + y(k) \\ \hat{x}(k) = [0001] \hat{X}(k) \end{cases}$$

【0044】ここで $y(k)$ を入力とするオブザーバ、即ちカルマンフィルタのシステム行列は数15の様に表される。

【0045】

【数15】

$$S = \begin{bmatrix} A-KC & K \\ 0001 & 0 \end{bmatrix}$$

【0046】今回のモデルで、リカッチ方程式の荷重配分Rの要素：Qの要素=1:1のとき、カルマンフィルタのシステム行列Sは、数16で与えられる。

【0047】

【数16】

$$S = \begin{bmatrix} 0.0785 & 1.0313 & 0.1426 & 0.0569 & -0.3093 \\ -0.3025 & -0.1206 & 0.4505 & -0.2192 & 1.1918 \\ -0.0785 & -0.0313 & -0.1426 & 0.9431 & 0.3093 \\ 0.9796 & -0.0081 & -0.0370 & -0.0148 & 0.0803 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

【0048】続いて、シミュレーション上で気筒別空燃比の波形を正確に作成し、それを前記エキマニモデルに

入力し、集合部空燃比を得る。それをオブザーバに入力し、気筒別空燃比が推定されていることを検証する。ま

た荷重行列と推定値の傾向を考察する。

【0049】今回のモデルにおいては、数17に示す様であるので、荷重行列Qは、要素が全て同じ対角行列と

なる。

【0050】

【数17】

$$X(k) = [x(k-3) \quad x(k-2) \quad x(k-1) \quad x(k)]^T$$

【0051】従って、考察すべきはQとRの要素の比である。QとRの要素の比を変えて求めたゲインを表1に示す。また、それを用いて構成したオブザーバとエキマニモデルを組み合わせたシミュレーションモデルを図14に示す。更に、このモデルを用いて気筒別空燃比を12.0, 14.7, 14.7, 14.7の理想入力として計算したものを図15に、またそのときのオブザーバの推定誤差を表2に示す。更に、空燃比を12.0±0.2, 14.7±0.2, 14.7±0.2, 14.7±0.2としてそれぞれ独立に変動させて(仮想ノイズ)計算したものを図16に、そのときのオブザーバの

推定誤差を表3に示す。尚、図15, 16において

(a) から (e) は、共に、(a) 各気筒A/F (エキマニモデル入力)、(b) 集合部A/F (エキマニモデル出力)、(c) Qの要素: Rの要素=1:10のときのオブザーバ出力 (入力 (b) に示す)、(d) Qの要素: Rの要素=1:1のときのオブザーバ出力 (入力 (b) に示す)、(e) Qの要素: Rの要素=10:1のときのオブザーバ出力 (入力 (b) に示す) である。

【0052】

【表1】

ゲイン行列K

	Qの要素 : Rの要素		
	1 : 10	1 : 1	10 : 1
K	$\begin{bmatrix} -0.1122 \\ 0.5214 \\ 0.1122 \\ 0.0242 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.3093 \\ 1.1918 \\ 0.3093 \\ 0.0803 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.5709 \\ 1.7594 \\ 0.5709 \\ 0.1852 \end{bmatrix}$

【0053】

【表2】

オブザーバ (Q: R=10:1 (e)) 推定誤差

	目標値	推定値	誤差
4 TDC 後	14.7	14.4634	1.603 %
8 TDC 後	14.7	14.6475	0.357 %
12TDC 後	14.7	14.6842	0.107 %
0 ~ 8sec平均			0.772 %

【0054】

【表3】

オブザーバ ( $Q : R = 10 : 1$  (e)) 推定誤差

	目 標 値	推 定 値	誤 差
4 TDC 後	14.8167	14.4648	2.375 %
8 TDC 後	14.8989	14.7674	0.883 %
12TDC 後	14.8486	14.8452	0.023 %
0 ~ 8sec平均			1.771 %

【0055】図1.5の様に各気筒空燃比を一定としたときはQの重みが大きいほど収束が早いことが分かる。但し、 $Q/R$ を10以上にしても殆ど収束性は変わらなかった。図16において時系列に推定偏差（各気筒空燃比－推定空燃比）を図示すると、図17の様になり、オブザーバ収束後はQの要素：Rの要素＝10：1と1：1とでそれほど差がないことから、耐外乱性を考えると、Qの要素：Rの要素＝1：1の方が良いと言える。この様に、集合部空燃比の入力に対し、カルマンフィルタの理論を用いたオブザーバは、集合部における気筒ごとの空燃比を精度良く推定することを可能にする。尚、荷重行列は $Q/R = 1 \sim 10$ が最良であったが、実データを用いた応答状況から決める必要があると思われる。

【0056】続いて、実測データを先に示したLAFセンサの逆伝達関数に入力して得られる実集合部空燃比データを前記オブザーバに入力し、気筒別空燃比を推定した結果を図18に示す。同図において（a）LAFセンサ出力、（b）LAFセンサ逆伝達関数出力（入力（a）に示す）、（c）Qの要素：Rの要素＝1：10のときのオブザーバ出力（入力（b）に示す）、

（d）Qの要素：Rの要素＝1：1のときのオブザーバ出力（入力（b）に示す）、（e）Qの要素：Rの要素＝10：1のときのオブザーバ出力（入力（b）に示す）である。ここでLAFセンサ出力の測定条件は、機関回転数＝1500rpm、吸気圧力＝−281.9mmHg、 $A/F = 12.0$ （#2）、14.7（#1、#3、#4）とした。また、実際の入力 $A/F$ の真値はわからないので、シミュレーションではおよその値として、 $\{12.0/14.7/14.7/14.7\}$ を用いた。同図から明らかな様に、オブザーバ出力は4TDC周期で変化しており、入力 $A/F$ をほぼ推定している。またカルマンフィルタを用いたことにより、荷重行列のセッティングによって2～8周期で収束可能であることが確認された。

【0057】続いて、上記の如く推定して得られた気筒別空燃比を用いて、空燃比を目標値に制御する場合について説明する。図19はPID手法を用いた制御例を示すブロック線図である。乗算項を介してフィードバックされる点が通常のPID制御と異なるが、この制御手法

自体は公知のものであって、図示の如く、入力 $T_i$ （噴射時間）によって生じる実際の空燃比の目標値に対する偏差（ $1 - I/\lambda$ ）を気筒ごとに求め、それに応じたゲイン $K_L A F$ を乗じて目標値にフィードバック制御すれば良い。但し、公知の手法には依るものの、前記の如く各気筒の空燃比を正確に検出することができた結果、それぞれの気筒の空燃比を目標値に精度良く制御することができるものである。

【0058】上記した実施例において、排気系集合部に配置した1個の空燃比センサの検出値から各気筒の空燃比を的確に推定することができたので、気筒ごとに別々に空燃比センサを用意することなく、各気筒の空燃比を目標値に精度良く制御することができる。

【0059】尚、上記実施例において、各気筒の空燃比を検出して目標値に制御する例を示したが、それに限られるものではなく、排気系集合部の1個の空燃比センサから各気筒の空燃比を分離抽出して燃料の挙動を解析する技術にも応用することが可能である。

## 【0060】

【発明の効果】請求項1項記載の内燃機関の空燃比検出方法にあっては、多気筒内燃機関の排気系集合部に配置される単一の空燃比センサの出力から入力された混合気空燃比を検出するものにおいて、前記センサの出力値を各気筒の燃焼履歴に所定の重みを乗じた加重平均値からなるものとみなして排気系の挙動を記述するモデルを構築し、各気筒の空燃比を内部状態変数とする状態方程式と出力方程式とを求め、前記内部状態を観察するオブザーバを構築してその出力を求め、前記オブザーバ出力から各気筒の空燃比を推定する如く構成したので、気筒ごとに別々に空燃比センサを用意することなく、各気筒の空燃比を精度良く検出することができる。

【0061】請求項2項記載の内燃機関の空燃比制御方法にあっては、多気筒内燃機関の排気系集合部に配置される単一の空燃比センサの出力から入力された混合気空燃比を検出して空燃比を目標値に制御するものにおいて、前記センサの出力値を各気筒の燃焼履歴に所定の重みを乗じた加重平均値からなるものとみなして排気系の挙動を記述するモデルを構築し、各気筒の空燃比を内部状態変数とする状態方程式と出力方程式とを求め、前記

内部状態を観察するオブザーバを構築してその出力を求め、前記オブザーバ出力から各気筒の空燃比を推定し、前記推定値に基づいて各気筒の空燃比を目標値にフィードバック制御する如く構成したので、気筒ごとに別々の空燃比センサを用意することなく、各気筒の空燃比を精度良く検出することができて目標値に的確に収束させることができる。

【0062】請求項3項記載の内燃機関の空燃比検出方法にあっては、前記所定の重みを機関の運転状態に応じて変えることを特徴とする如く構成したので、各気筒の空燃比を一層精度良く検出することができる。

【0063】請求項4項記載の内燃機関の空燃比制御方法にあっては、前記所定の重みを機関の運転状態に応じて変えることを特徴とする如く構成したので、各気筒の空燃比を一層精度良く検出することができて目標値に一層的確に収束させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る方法を実現する内燃機関の空燃比検出・制御装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1中の制御ユニットの構成を示すブロック図である。

【図3】単気筒の内燃機関において吸気量を一定として供給燃料量をステップ状に変化させた場合の空燃比センサの応答遅れを示すシミュレーション結果、同じ場合のLAFセンサ出力の実測値を表すデータである。

【図4】空燃比センサの検出動作をモデル化した例を示すブロック線図である。

【図5】図4に示すモデルを周期 $\Delta T$ で離散化したモデルである。

【図6】この発明に係る空燃比センサの検出挙動をモデル化した真の空燃比推定器を示すブロック線図である。

【図7】LAFセンサ出力の実測値と、それに逆伝達関数を乗じて求めた真の空燃比の推定値を表すグラフである。

【図8】この発明で用いる内燃機関の排気系の挙動を示すモデルを表すブロック線図である。

【図9】図8に示すモデルを用いて4気筒内燃機関につ

いて3気筒の空燃比を14.7に、1気筒の空燃比を12.0にして燃料を供給する場合を示すデータである。

【図10】図9に示す入力を与えたときの図8モデルの集合部の空燃比を表すデータである。

【図11】図9に示す入力を与えたときの図8モデルの集合部の空燃比をLAFセンサの応答遅れを補正せずに表したデータと、同じ場合のLAFセンサ出力の実測値を比較するグラフである。

【図12】一般的なオブザーバの構成を示すブロック線図である。

【図13】この発明で用いるオブザーバの構成を示すブロック線図である。

【図14】図8に示すモデルと図13に示すオブザーバを組み合わせたシミュレーションモデルを表すブロック線図である。

【図15】図14のモデルを用いて4気筒内燃機関について3気筒の空燃比を14.7に、1気筒の空燃比を12.0にして燃料を供給した場合のシミュレーション結果を示すデータである。

【図16】図15の例に仮想ノイズを含めて燃料を供給した場合のシミュレーション結果を示すデータである。

【図17】図16に示す場合について時系列に推定偏差を示す説明図である。

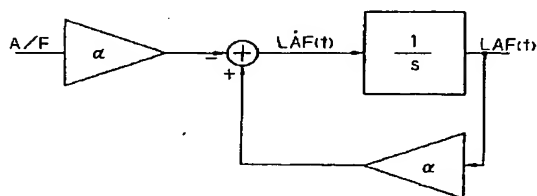
【図18】空燃比センサ出力の実測値を図6に示す空燃比推定器に入力して得られた実集合部空燃比を入力したときのオブザーバ出力を示す説明図である。

【図19】図13に示すオブザーバ出力から得られる値に基づいて空燃比を目標値に気筒ごとにPID制御する例を示すブロック線図である。

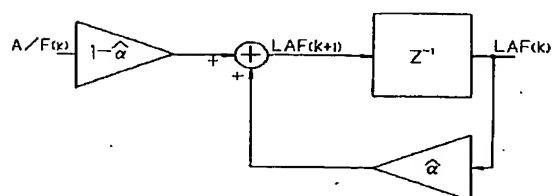
【符号の説明】

- 10 内燃機関
- 18 インテークマニホールド
- 20 インジェクタ
- 22 エキゾーストパイプ
- 40 空燃比センサ
- 42 制御ユニット

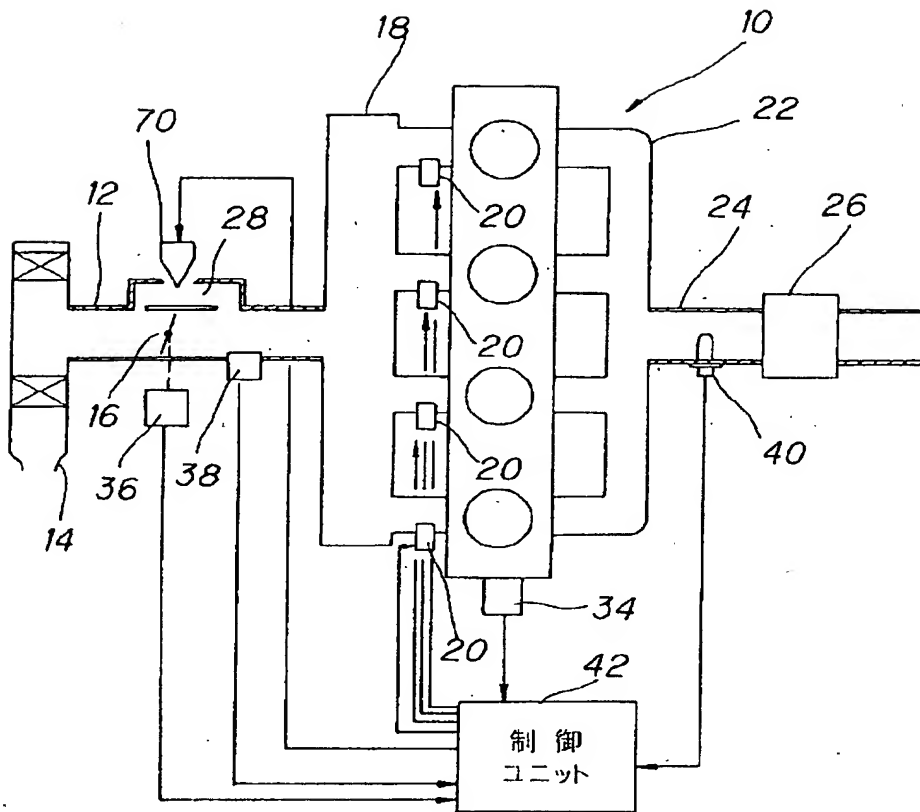
【図4】



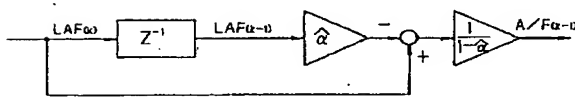
【図5】



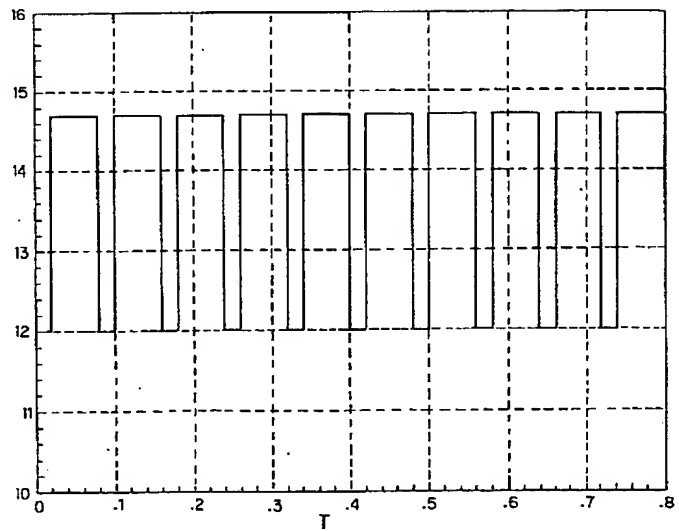
【図1】



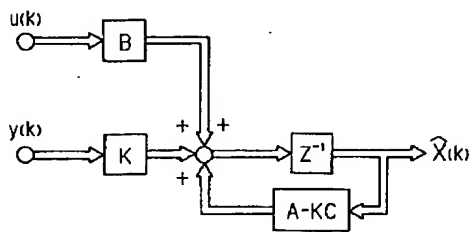
【図6】



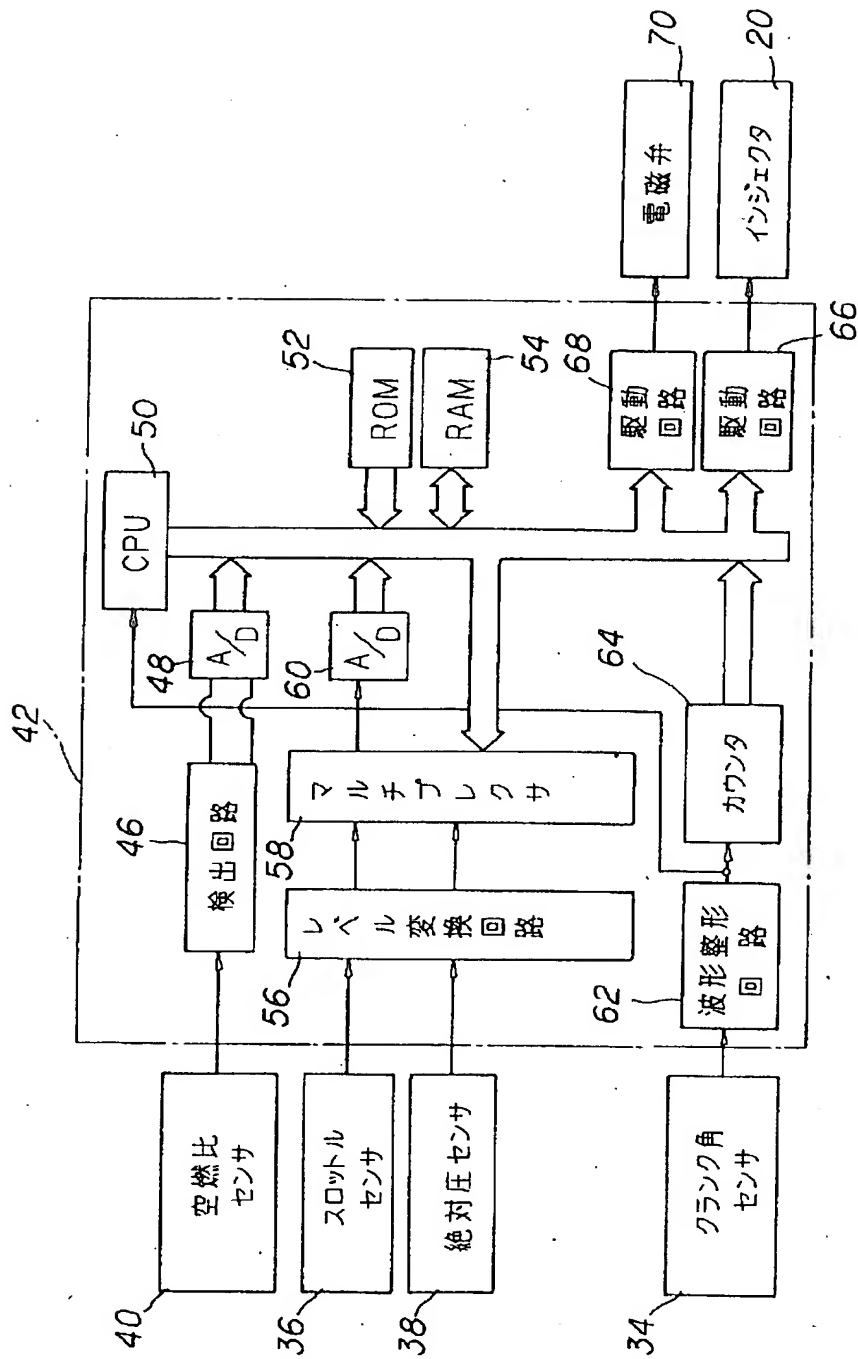
【図9】



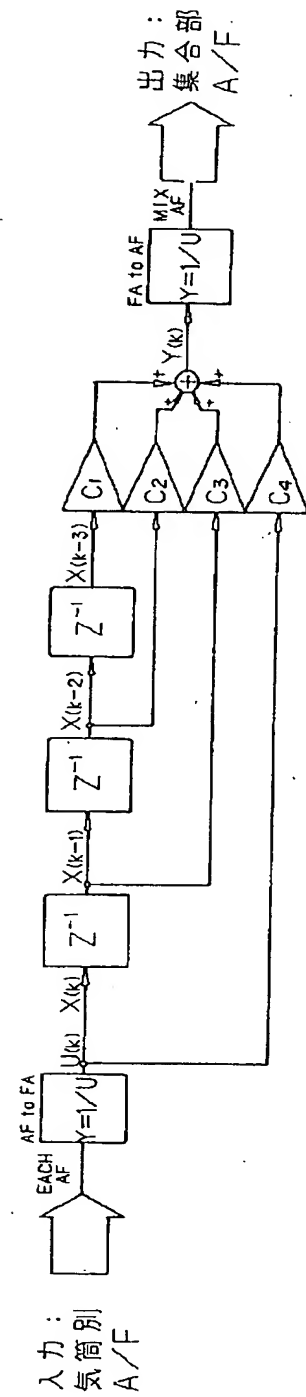
【図12】



【図2】

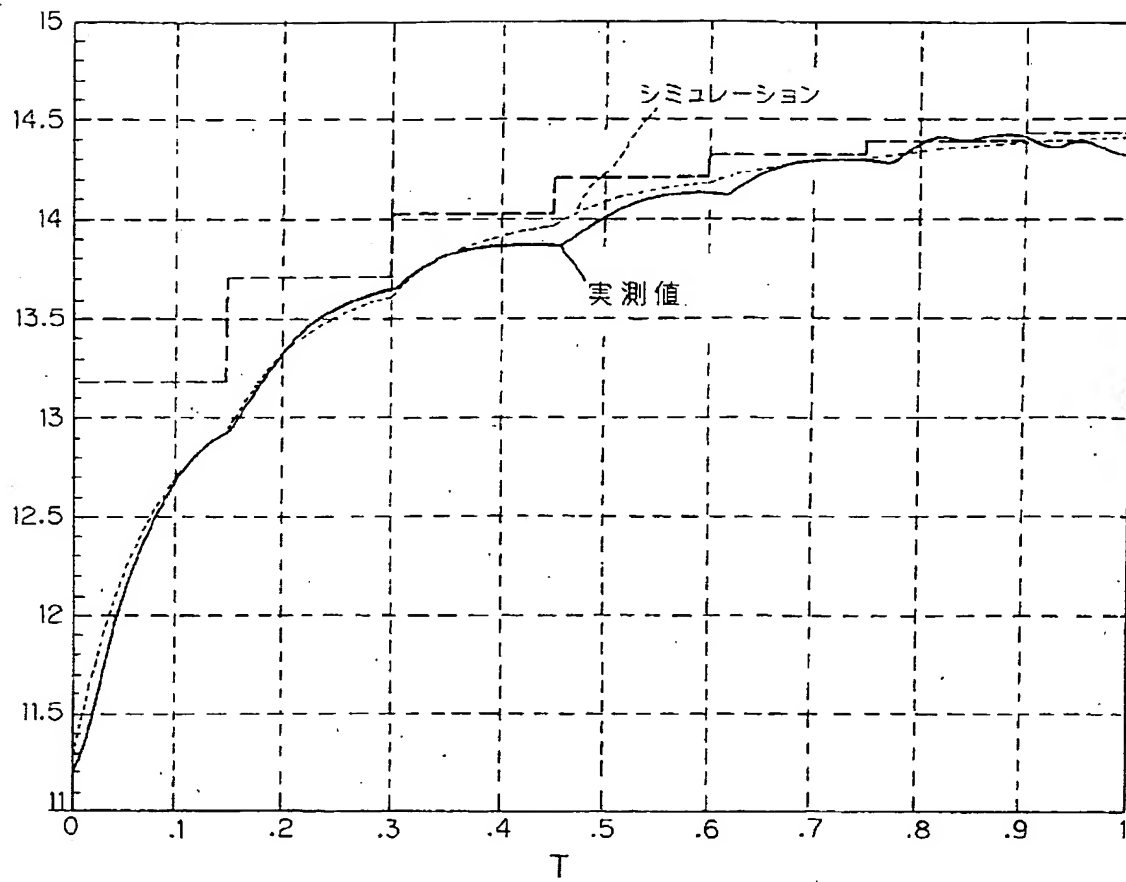


【図8】

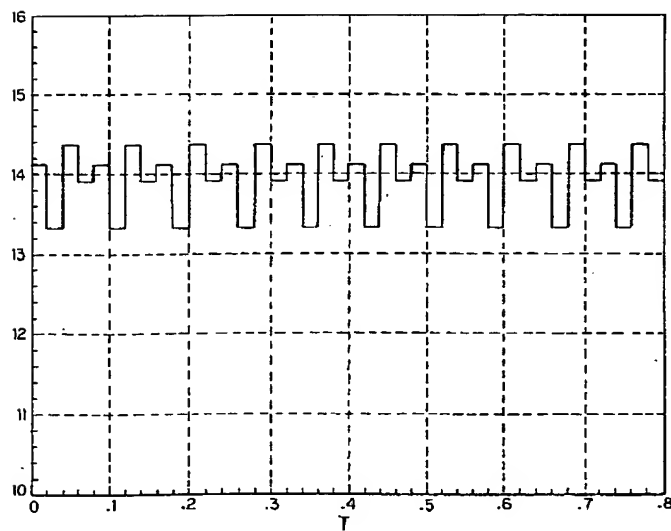




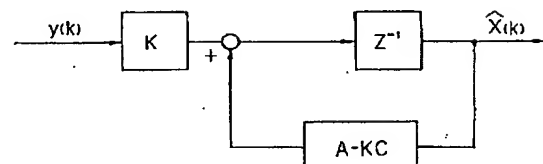
【図3】



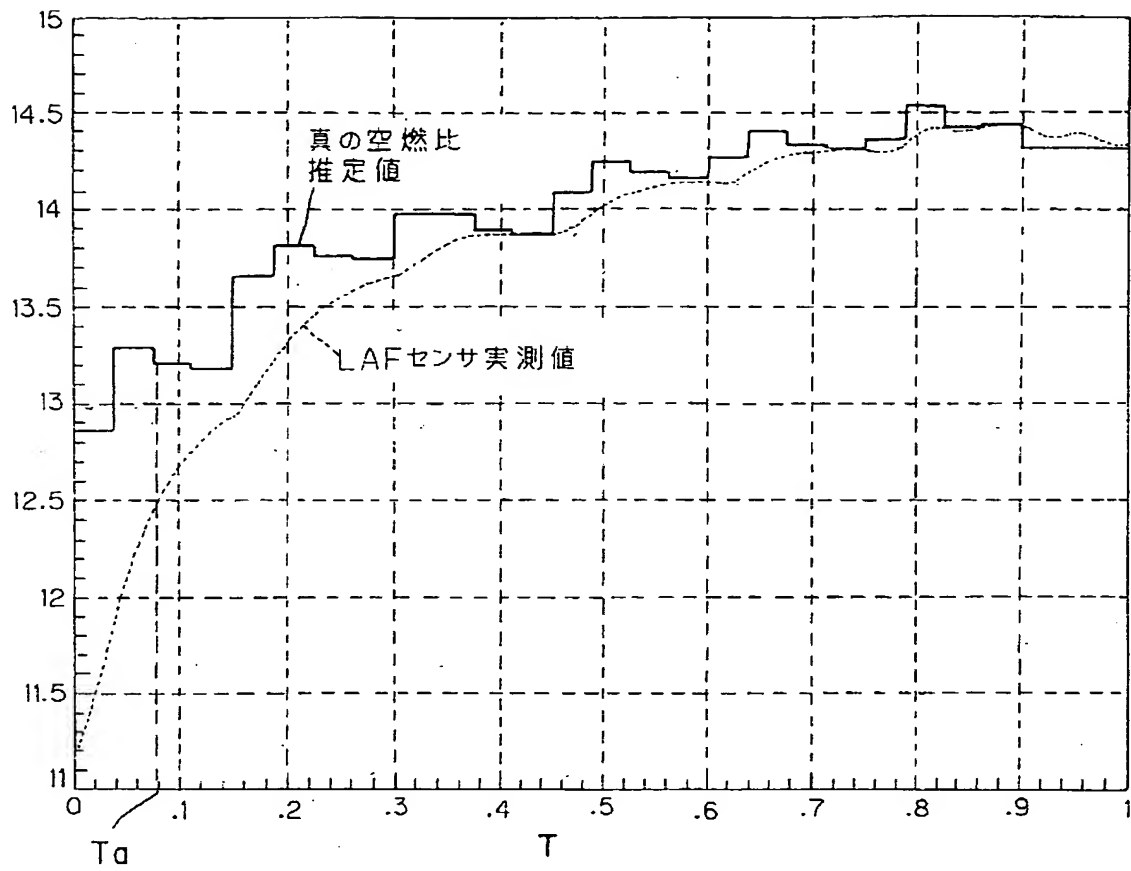
【図10】



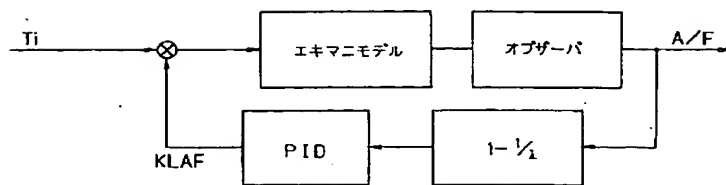
【図13】



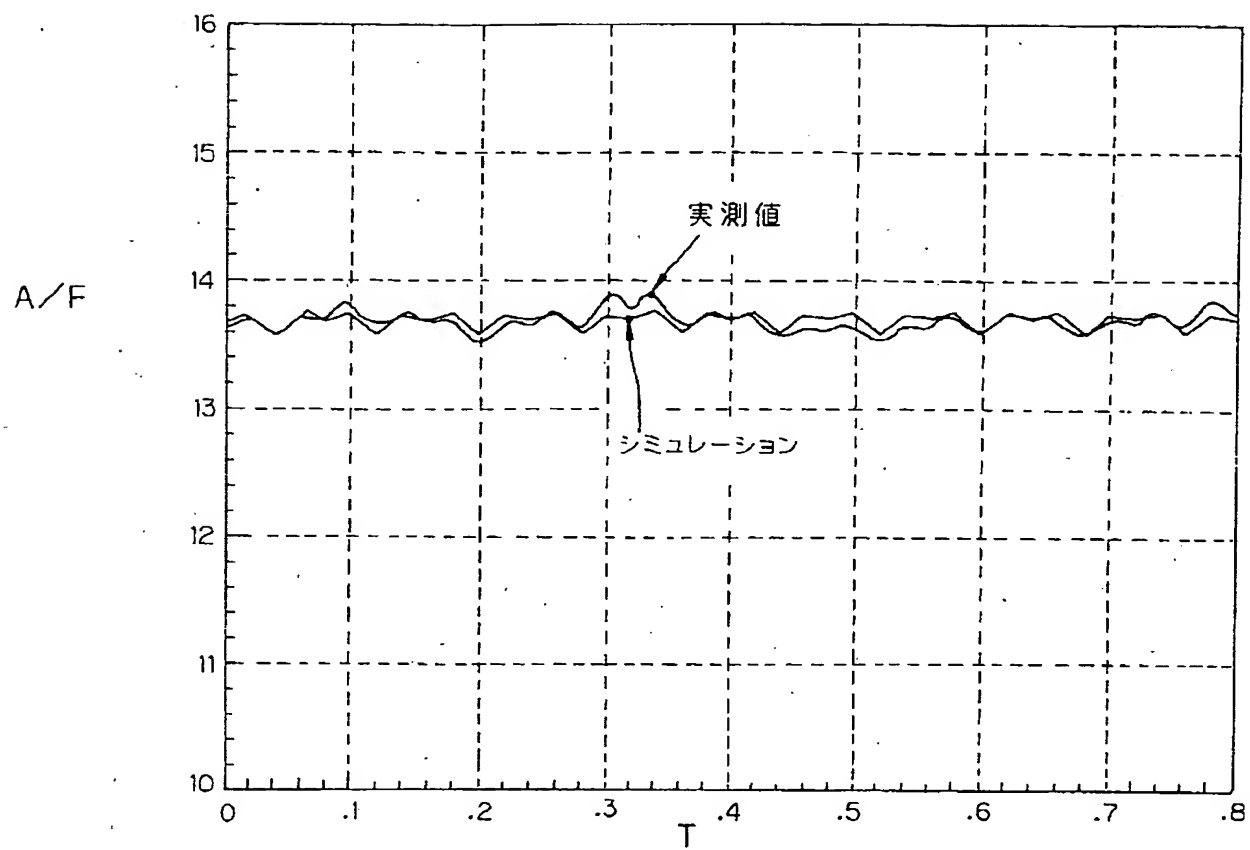
【図7】



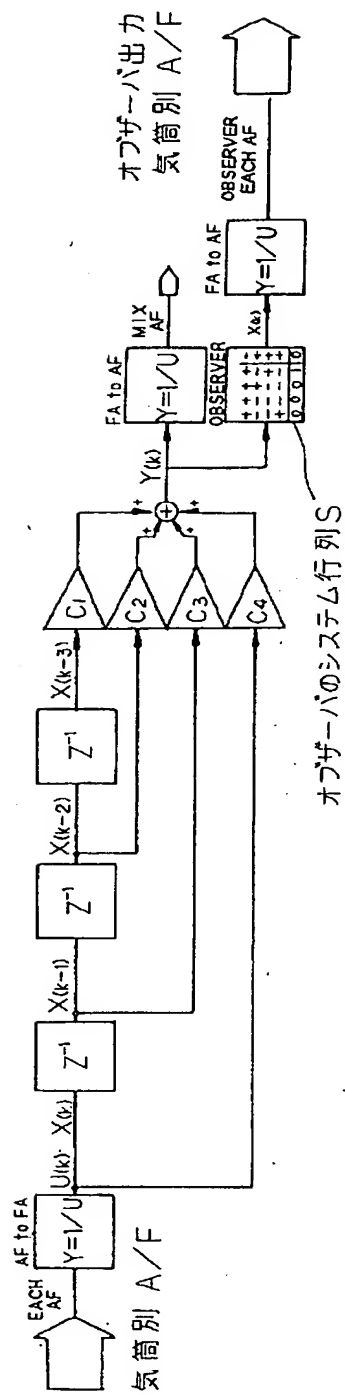
【図19】



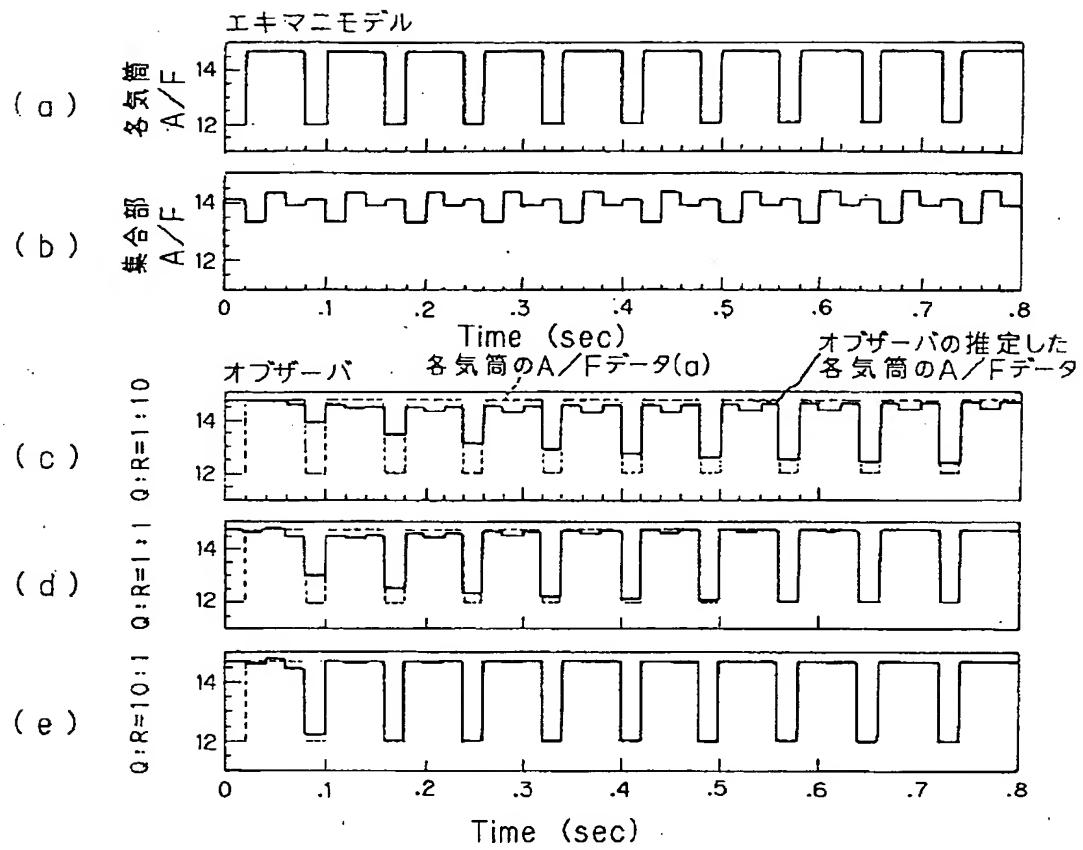
【図11】



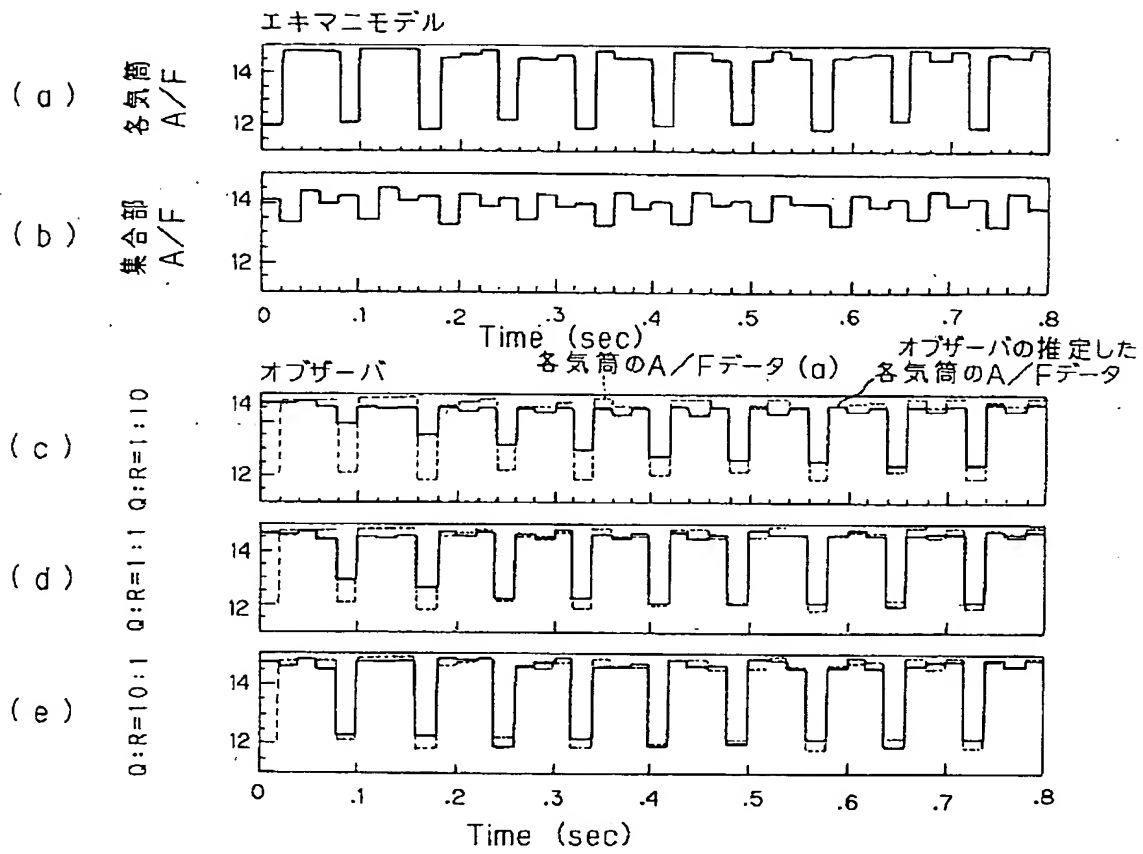
【図14】



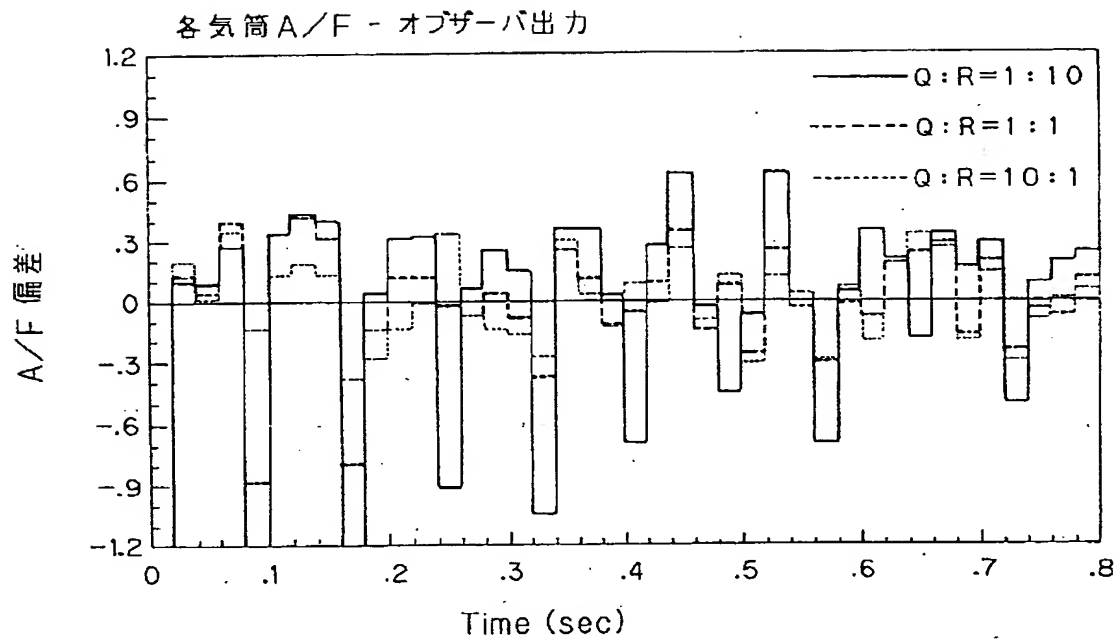
【図15】



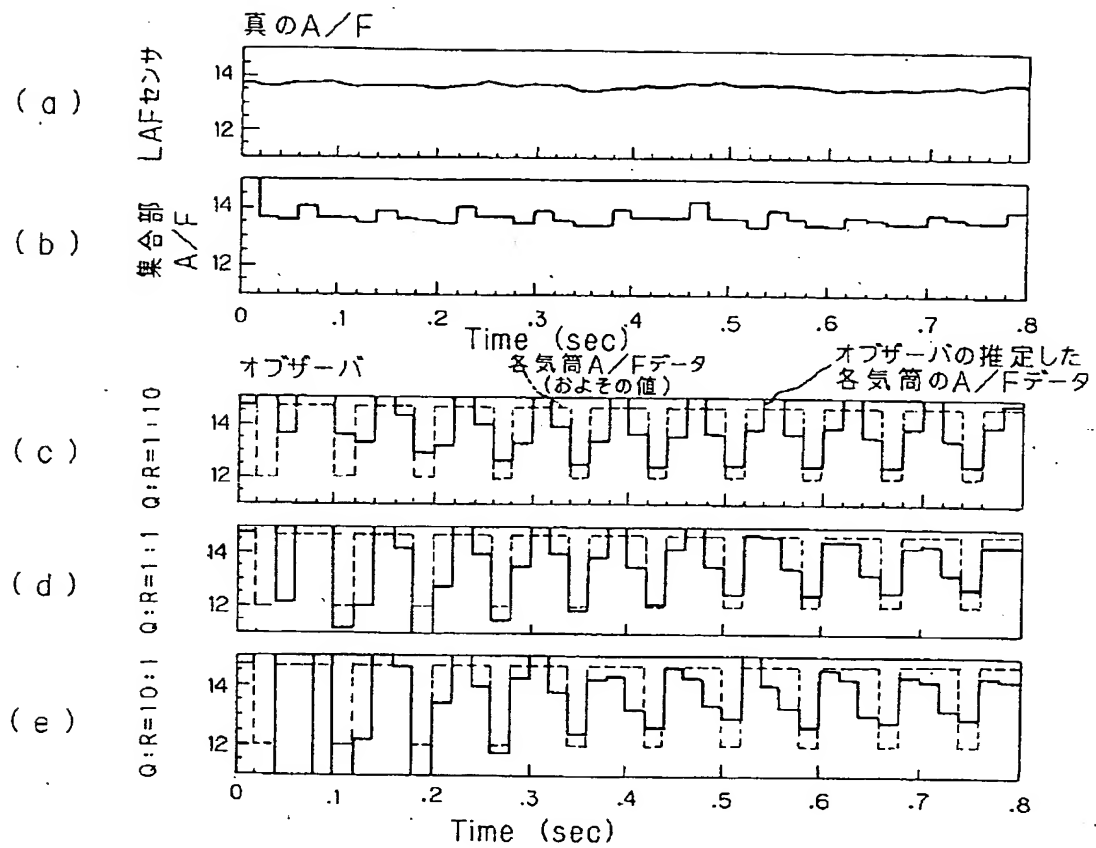
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72) 発明者 小森谷 勲

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内